

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **ZAVRŠNI RAD**

**Dunja Sokele**

Zagreb, 2015. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

**ZAVRŠNI RAD**

Mentor:

Prof. dr. sc. Toma Udiljak, dipl. ing.

Studentica:

Dunja Sokele

Zagreb, 2015. godina.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći se znanjima stečenima tijekom studija i navedenom literaturom.

Zahvaljujem mentoru, prof. dr. sc. Tomi Udiljku na podršci, savjetima i utrošenom vremenu.

Zahvaljujem djelatnicima tvrtke KONČAR – Metalne Konstrukcije d.d., posebice direktoru proizvodnje Mario Oraču, pomoćniku direktora za investicije i razvoj Ognjenu Čučkoviću i voditelju strojne obrade Robertu Šusteru na pruženoj pomoći tijekom izrade rada.

Dunja Sokele



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:  
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo  
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Dunja Sokele**

Mat. br.: 0035187978

Naslov rada na  
hrvatskom jeziku:

**Procjena isplativosti investiranja u osuvremenjavanje alatnih strojeva**

Naslov rada na  
engleskom jeziku:

**A Feasibility Study of Upgrading Machine Tools**

Opis zadatka:

Premda je primjena novijih proizvodnih tehnologija preduvjet tržišne konkurentnosti, uvođenju istih treba pristupiti analitički i sustavno. Tvrtka Končar – Metalne konstrukcije d.d. je specijalizirana za izradu proizvoda od čelika i aluminija za potrebe sektora energetike, transporta i industrije općenito. Bavi se proizvodnjom metalnih konstrukcija, transformatorskih kotlova i njihovih komponenti, dijelova generatora, oklopljenih sabirnica, aluminijskih i bakrenih vodiča i šablona za izradu transformatorskih namota. Strojni park, uz ostalu proizvodnu opremu, sadrži i određeni broj zastarjelih CNC alatnih strojeva, te alatnih strojeva s ručnim upravljanjem, čijom bi se zamjenom povećala produktivnost i ekonomičnost proizvodnje.

U radu je potrebno ocijeniti postojeće stanje strojeva za koje se razmatra zamjena te opisati karakteristike novih strojeva koji će ih zamijeniti. Također je potrebno, uz pretpostavljene cijene nove opreme, analizirati isplativost investiranja te procijeniti utjecaj nove opreme na proizvodnju i pripremu proizvodnje u cijelosti.

Zadatak zadan:  
25. studenog 2014.

Rok predaje rada:  
**1. rok:** 26. veljače 2015.  
**2. rok:** 17. rujna 2015.

Predviđeni datumi obrane:  
**1. rok:** 2., 3., i 4. ožujka 2015.  
**2. rok:** 21., 22., i 23. rujna 2015.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Toma Udiljak

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Zoran Kunica

---

**SADRŽAJ**

SADRŽAJ .....	II
POPIS SLIKA .....	IV
POPIS TABLICA.....	V
SAŽETAK.....	VI
SUMMARY .....	VII
1 UVOD.....	1
2 Uloga obrade odvajanjem čestica u proizvodnji.....	2
2.1 Općenito o obradi odvajanjem čestica .....	2
2.2 Strojevi za obradu odvajanjem čestica.....	4
2.3 Numeričko upravljanje.....	5
2.4 Programiranje CNC strojeva.....	6
2.5 Vrste alatnih strojeva za obradu odvajanjem čestica .....	7
2.6 Posluživanje obradnih sustava .....	9
2.7 Uvođenje suvremene tehnologije u proizvodnju .....	10
2.8 Iskorištenost i kapacitet strojeva .....	12
2.9 Zastarijevanje postrojenja .....	13
3 O tvrtki KONČAR – Metalne Konstrukcije d.d. ....	15
3.1 ERP sustav .....	16
4 Opis trenutnog stanja u strojnoj obradi.....	19
4.1 Raspoloživi kapaciteti .....	19
4.2 Trenutni raspored strojeva i zaposlenika .....	20
4.3 Strojevi razmatrani za zamjenu.....	20
4.4 Problemi .....	21
4.4.1 Zastarjelost opreme i tehnologije.....	21
4.4.2 Troškovi održavanja.....	22
5 Opis budućeg stanja .....	25
5.1 Cilj ulaganja u nove strojeve.....	26
5.2 Metoda povećanja produktivnosti .....	27
5.3 Odabir strojeva za investiciju.....	28
5.4 Novi (povećani) kapaciteti .....	31
5.5 Novi raspored strojeva i zaposlenika .....	31

---

6	Procjena isplativosti investicije .....	32
6.1	Razdoblje povrata investicije .....	32
6.2	Ulazni podaci za izračun razdoblja povrata investicije.....	33
6.3	Rezultati izračuna razdoblja povrata investicije .....	34
7	ZAKLJUČAK.....	38
8	PRILOZI.....	40

---

**POPIS SLIKA**

Slika 2.1. Podjela postupaka obrade odvajanjem čestica (DIN8580) .....	4
Slika 2.2. Troosna glodalica Cincinnati Hydrotel iz1952. godine .....	6
Slika 2.3. Podjela alatnih strojeva i sustava prema tehnološkom prostoru .....	7
Slika 3.1. KONČAR – Metalne konstrukcije d.d. ....	15
Slika 3.2. ERP sustav .....	18
Slika 5.1. Usporedba odvojene čestice nakon bušenja bez hlađenja, s vanjskim hlađenjem i s hlađenjem kroz svrdlo .....	27
Slika 5.2. HAAS ST-35 CNC Tokarilica .....	28
Slika 5.3. HAAS VF-3YT Vertikalni obradni centar .....	29
Slika 5.4. HAAS VF-9/40 Vertikalni obradni centar .....	29
Slika 5.5. CMA automatska koordinatna bušilica TRD38 CNC 3000 .....	30
Slika 6.1. Grafički prikaz diskontiranog kumulativnog novčanog toka za scenarij 1 .....	36
Slika 6.2. Grafički prikaz diskontiranog kumulativnog novčanog toka za scenarij 2 .....	36
Slika 6.3. Grafički prikaz diskontiranog kumulativnog novčanog toka za scenarij 3 .....	37

---

**POPIS TABLICA**

Tablica 4.1. Opis trenutnog stanja opreme u pogonu za strojnu obradu.....	19
Tablica 4.2. Troškovi održavanja na pojedinim strojevima .....	24
Tablica 5.1. Strojevi za otpis i njihove moguće zamjene.....	25
Tablica 5.2. Opis budućeg stanja opreme u pogonu za strojnu obradu.....	31
Tablica 6.1. Vrijednosti parametara potrebnih za izračunavanje $R_p$ .....	35
Tablica 8.1. Karakteristike postojećih strojeva prema grupi radnih mjesta .....	1
Tablica 8.2. Karakteristike novih strojeva prema grupi radnih mjesta .....	1



## **SAŽETAK**

U radu je opisana uloga obrade odvajanjem čestica u proizvodnoj industriji, obrađeno je područje alatnih strojeva i zahtjevi koji se na njih postavljaju, te je to primijenjeno na konkretnom primjeru proizvodnje u tvrtki KONČAR – Metalne konstrukcije d.d. Procijenjena je isplativost investiranja u unaprjeđenje strojnog parka tvrtke, u cilju povećanja produktivnosti i ekonomičnosti proizvodnje, smanjenja troškova održavanja, vremena zastoja te poboljšanja kvalitete proizvoda.

Ključne riječi: procjena isplativosti, alatni strojevi, proizvodnja.

## **SUMMARY**

The paper describes the role of machining in the manufacturing industry, machine tools and their requirements are analysed and that is applied to the example of production in the company KONČAR – Steel Structures Inc. A feasibility study of upgrading machinery is conducted, in order to increase production productivity and efficiency, reduce maintenance costs and downtime, and to improve product quality.

Key words: feasibility study, machine tools, production

---

## 1 UVOD

Obrada odvajanjem čestica ima važan udio u industrijskoj proizvodnji, posebice u tvrtki poput KONČAR – Metalne konstrukcije d.d., koja se bavi izradom proizvoda od čelika i aluminija kao što su komponente transformatorskih kotlova, kućišta statora i sl. Većinu metalnih dijelova potrebno je obraditi nekom operacijom obrade odvajanjem čestica.

Važno je postići zahtijevanu kvalitetu proizvoda i poštivati tolerancije, te izraditi potrebne količine u zadanim rokovima. Zahtjevi na alatne strojeve su stoga preciznost, fleksibilnost, mogućnost rada sa što manje zastoja, što rjeđim potrebama za korektivnim održavanjem, i sa što manje aktivnosti koje ne dodaju vrijednost proizvodu. Velik dio proizvoda nakon obrade odvajanjem čestica prolazi kroz druge operacije, kao što su zavarivanje, montaža, toplinska obrada, antikorozivna zaštita, te je važno da ne dolazi do kašnjenja u drugim fazama proizvodnje zbog zastoja na strojevima za obradu odvajanjem čestica.

Tijekom godina strojevi zastarijevaju, manje su pouzdani, te uz češće potrebno održavanje također su visoki i troškovi rezervnih dijelova. U tom slučaju razmatra se zamjena starih strojeva za nove, preciznije, s većim mogućnostima obrade, većim kapacitetima, lakšim upravljanjem i integracijom u cjelokupni sustav proizvodnje.

U radu će se analizirati nedostaci postojeće opreme i predložiti nova oprema, te procijeniti razdoblje povrata investicije.

## 2 Uloga obrade odvajanjem čestica u proizvodnji

Proizvodnja (izrada) u najširem smislu obuhvaća sve aktivnosti uključene u izradu nekog proizvoda. U užem smislu, proizvodnja je pretvaranje sirovog materijala (priprema) u gotov, koristan proizvod. Sveukupna proizvodnja proizvoda, dijelova, pozicija, alata i samih strojeva može se opisati s pomoću tri osnovne operacije a to su: odvajanje, spajanje i deformiranje. Proizvodnja se opisuje kao pretvorba priprema, uz utjecaj potrebe tržišta ili kupca, u koristan proizvod. [1]

### 2.1 Općenito o obradi odvajanjem čestica

Obrada materijala odvajanjem čestica predstavlja dio obradnih, tehnoloških i proizvodnih sustava, koji se ograničava na fizički proces odvajanja materijala i rezne alate. Obradni sustav predstavlja jedan alatni stroj ili grupu alatnih strojeva na kojima se ostvaruju određene operacije obrade preko kojih se vrši pretvorba sirovog materijala u gotovi proizvod. [2]

Veći dio metalnih dijelova raznih strojeva, uređaja i konstrukcija dobiva svoj konačni oblik, tražene dimenzije i odgovarajuću kvalitetu obrađene površine kao rezultat skidanja materijala odvajanjem čestica različitim alatima na alatnim strojevima. [2]

Poznavanje principa obrade odvajanja čestica sa svim njenim utjecajnim faktorima predstavlja osnovu i važan je preduvjet za:

1. projektiranje takvih alatnih strojeva i alata koji će se po svojoj koncepciji odgovarati proizvodnom optimumu,
2. postizanje kvalitetnih proizvoda uz sve strože zahtjeve u pogledu točnosti izrade i kvalitete obrađenih površina, i
3. projektiranje proizvodnih procesa u kojima alatni strojevi predstavljaju važnu kariku ne samo za zadovoljenje zahtjeva za većom produktivnošću, već za traženom ekonomičnošću proizvodnje.

Ova obrada po redoslijedu operacija u većini slučajeva dolazi nakon obrade bez odvajanja čestica, gdje se međusobnim pomicanjem materijala (plastična deformacija) ili odvajanjem jednog materijala od drugog (odsijecanje, prosijecanje) i sl. obratku daje traženi oblik.

Obrada odvajanjem čestica ima danas veliko značenje, kako po broju samih postupaka i alatnih strojeva, tako i po njihovoj raznovrsnosti u primjeni, jer se tim postupcima, iako ponekad nisu najekonomičniji, mogu postići najveće točnosti i najbolja kvaliteta površine obratka. [2]

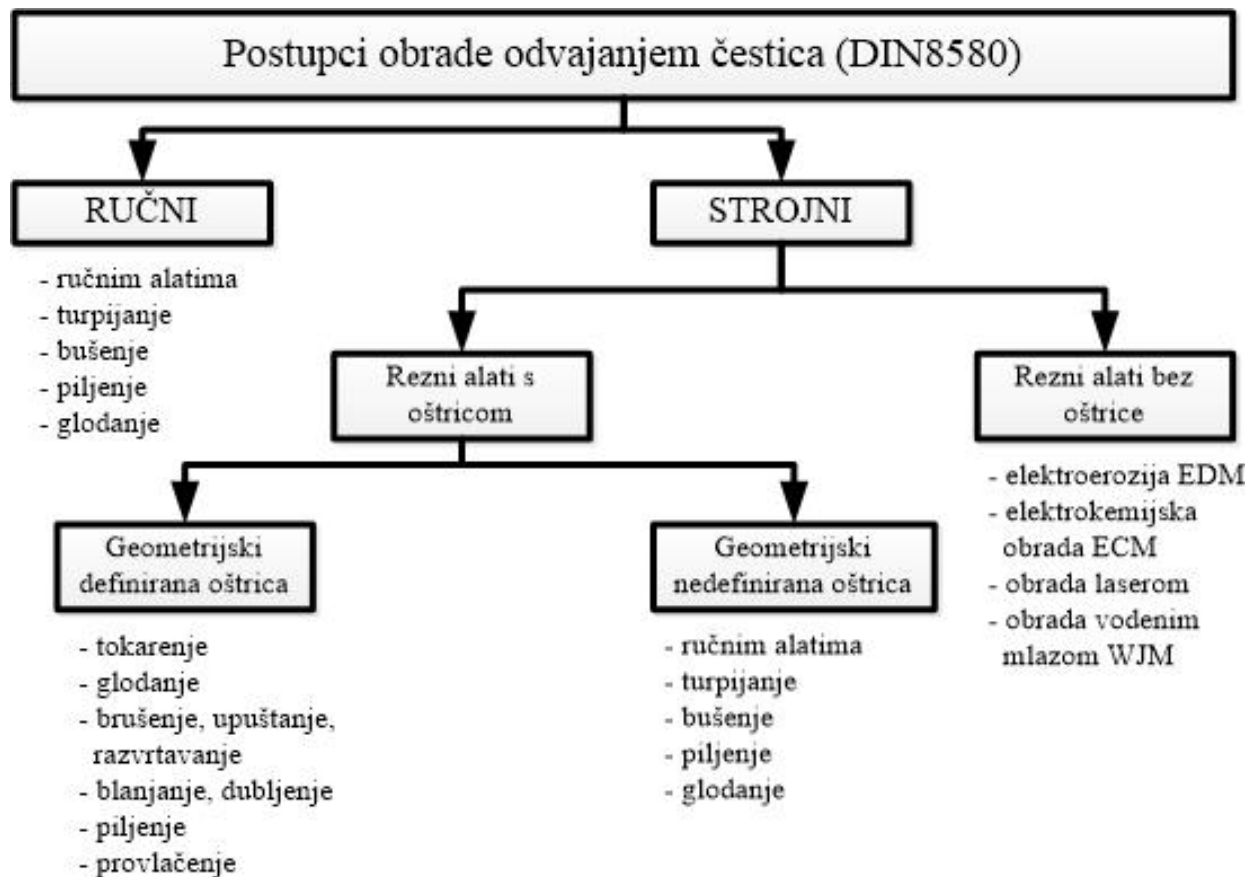
Alati u užem smislu predstavljaju sredstva kojima se obrađuje materijal i s njega odvajaju čestice u toku proizvodnje. Alatni strojevi su strojevi čijim posredstvom (uz razne stupnjeve automatizacije) čovjek upravlja alatom u proizvodnom procesu. Njihova je zadaća da:

1. ostvare sigurno međusobno kretanje obratka i alata u cilju obavljanja operacije odvajanja čestica materijala,
2. osiguraju pravilan relativni odnos kretanja obratka i alata za vrijeme obrade na osnovu postavljenih tehnoloških zahtjeva u pogledu točnosti izrade i kvalitete površine,
3. izdrže djelovanje sile rezanja koja kao aktivna dolazi prilikom obrade preko oštrice alata, a kao reakcija se prenosi od materijala obratka na oštricu alata te dalje na pojedine dijelove alatnog stroja. [2]

Današnja proizvodnja zahtijeva od tehnologija obrade materijala da ispune sljedeće zahtjeve: ekonomičnu i produktivnu obradu u širokom rasponu dimenzija, oblika i materijala uz postizanje visoke točnosti, uskih tolerancija i dobre kvalitete površine. Jedina tehnologija obrada materijala koja može zadovoljiti te zahtjeve je obrada odvajanjem čestica. Obradom odvajanjem čestica mogu se obrađivati gotovo svi poznati materijali, bilo kojih dimenzija i oblika. To je jedini način kojim se mogu formirati oštri rubovi, ravne površine, te unutarnji i vanjski profili. Prednost obrade odvajanjem čestica je vrlo mala promjena svojstava materijala zbog utjecaja topline nastale obradom. [1]

Uz sve prednosti obrada odvajanjem čestica ima i nedostatke u obliku generiranja velikih količina odvojene čestice, potrebe raznih postupaka obrade i više alatnih strojeva za formiranje jedne pozicije, te veliki udio pomoćnih i pripremnih vremena. Nedostatak je potreba za velikim prostorom za smještaj alatnih strojeva. Obrada odvajanjem opisuje se kao sustav u kojem sudjeluju alatni stroj, obradak i alat. U proces obrade ulazi pripremak (sirovac) a izlazi izradak kojega karakterizira određena geometrija, tolerancija i kvaliteta površine.

Procesi obrade odvajanjem čestica dijele se na ručne i strojne, strojni postupci se dalje dijele na procese obrade s reznim alatom s oštricom i bez oštrice, a oštrica reznog alata može biti geometrijski definirana ili nedefinirana (slika 2.1). [1]



Slika 2.1. Podjela postupaka obrade odvajanjem čestica (DIN8580)

## 2.2 Strojevi za obradu odvajanjem čestica

Obradni strojevi služe za obradu i izradu pojedinih dijelova svih ostalih strojeva i uređaja. Njihova karakteristika je mogućnost izrađivanja samih sebe. Na njima se ostvaruje zadani oblik izratka, potrebna točnost dimenzija i oblika, potrebna hrapavost obrađene površine i dobra kvaliteta površinskog sloja. Obrada na obradnom stroju izvodi se međusobnim gibanjem između reznog alata i obratka uz utrošenu energiju. Gibanja na obradnom stroju podijeljena su na glavna i pomoćna, a pomoćno gibanje dijeli se na posmično i dostavno.

Prema načinu gibanja dijele se na rotacijska (kružna) i translacijska (pravocrtna), a prema promjeni učestalosti vrtnje mogu biti kontinuirana i diskontinuirana. [3]

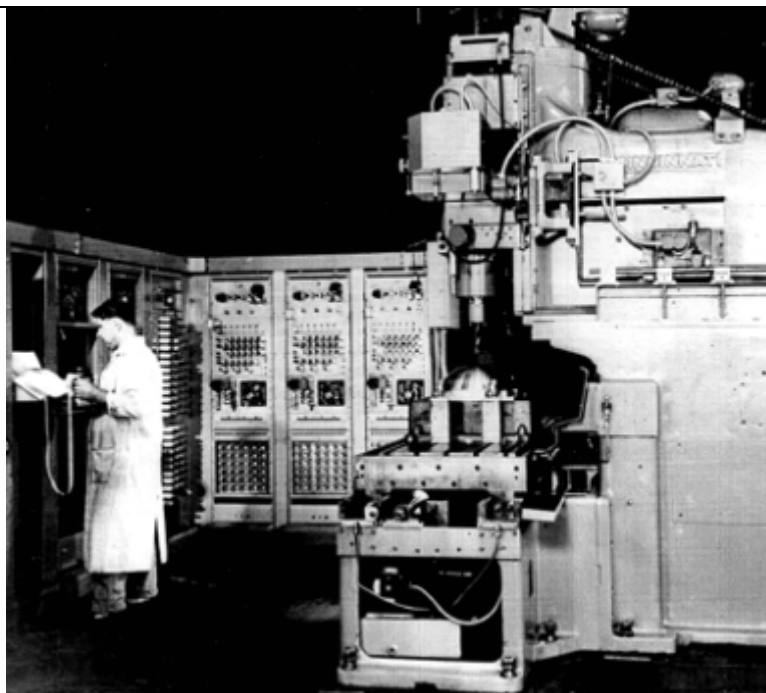
---

### 2.3 Numeričko upravljanje

Numeričko upravljanje (NC – *e. Numerical Control*) je upravljanje alatnim strojevima s pomoću posebno kodiranih instrukcija (naredbi) koje se učitavaju u upravljačku jedinicu stroja. [4]

Sustav numeričkog upravljanja obradnog stroja omogućava kretanje njegovih osi, kao i niz drugih funkcija stroja, kao što su upravljanje glavnim pogonom, izmjena alata, regulacija SHIP sustava, primjenom numeričkih podataka. [5]

Numeričko upravljanje pojavljuje se 1940-ih godina kada je John Parsons započeo eksperimente za realizaciju takvog upravljanja. Godine 1949. američka vojska sklopila je ugovor sa sveučilištem MIT za razvoj programabilne glodalice. Troosna glodalica *Cincinnati Hydrotel* (slika 2.2) predstavljena je 1952. godine na MIT-u, a imala je elektromehaničko upravljanje i rabila bušenu traku. Rabila se za izradu elemenata helikopterskih elisa. Šezdesetih godina dvadesetog stoljeća prvi numerički upravljani alatni strojevi instalirani su u industriji, a desetak godina kasnije započinje široka primjena u obliku računalom podržanog numeričkog upravljanja (CNC – *e. Computer Numerical Control*), što je bilo omogućeno razvojem mikroprocesora, tj. malog elektroničkog računala koje se može programirati i time ostvariti proces numeričkog upravljanja. Osamdesetih godina dvadesetog stoljeća pojavljuju se CAD/CAM sustavi za operativni sustav Unix, a kasnije i za Windows. [4]



**Slika 2.2. Troosna glodalica Cincinnati Hydrotel iz 1952. godine [6]**

Klasični alatni strojevi imaju skupni pogon, što znači da jedan motor pogoni i glavno vreteno i ostala gibanja radnog stola. Suprotno tome, CNC strojevi imaju jedan glavni motor za pogon glavnog vretena, a gibanje po osima ostvaruju posebni istosmjerni motori. Upravljanje stroja se kod klasičnih strojeva izvodi ručno ili strojno preko ručica za upravljanje, dok CNC strojevi imaju upravljačku jedinicu (tipkovnicu i ekran) i rade automatski preko programa. Upravljačko računalo omogućuje izmjenu programa na samom stroju, a također omogućuje i provođenje određenih izmjena tijekom obrade predmeta. To svojstvo omogućuje veliku fleksibilnost u radu i uštede u vremenu i time pridonosi raširenosti uporabe CNC strojeva. [7]

#### **2.4 Programiranje CNC strojeva**

Programiranje CNC strojeva je kodiranje geometrijskih i tehnoloških informacija potrebnih za izradu nekog dijela na CNC stroju. Može se izvoditi ručno ili s pomoću računala. [1]

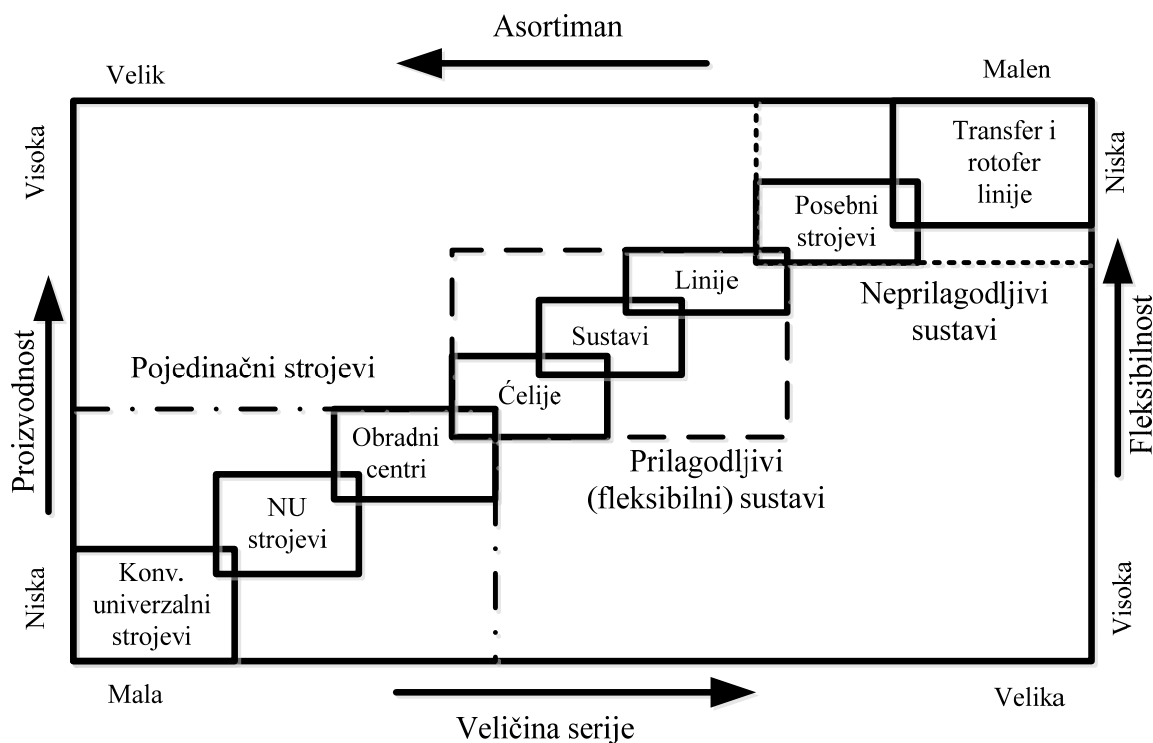
Pri ručnom programiranju tehnolog ručno ispisiuje svaki redak programa. Nedostatak ručnog programiranja je gotovo nemoguće programiranje vrlo kompliciranih dijelova (istodobno i sinkrono gibanje u više osi), te se stoga najviše upotrebljava za 2D obradu ili u prototipnoj proizvodnji.



Programiranje s pomoću računala podrazumijeva automatsku izradbu CNC programa na osnovi 3D modela izratka, raspoloživih alata i režima obrade pomoću CAD/CAM sustava (*e. Computer Aided Design/ Computed Aided Manufacturing*). Time se skraćuje vrijeme i smanjuju troškovi izradbe programa. U CAD sustavu definira se 3D model obratka, koji se povezuje s CAM modulom za generiranje putanje alata na temelju redoslijeda operacija i tehnoloških parametara zadanih od strane tehnologa. Podaci dobiveni iz CAM modula moraju se obraditi u postprocesoru kako bi se dobio ispis programa za upravljačku jedinicu CNC stroja na kojemu se obavlja obrada. U CAM modulu obavlja se i simulacija (provjera) obrade. [8]

### 2.5 Vrste alatnih strojeva za obradu odvajanjem čestica [8]

Alatni strojevi mogu se podijeliti prema tehnološkom prostoru, koji je određen veličinom serije, proizvodnošću, asortimanom proizvoda i fleksibilnošću. S obzirom na ove faktore, podjela alatnih strojeva i sustava prema tehnološkom prostoru prikazana je na slici 2.3.



Slika 2.3. Podjela alatnih strojeva i sustava prema tehnološkom prostoru [8]

Pojedinačne strojeve karakterizira niska proizvodnost, veliki asortiman, mala veličina serije i visoka fleksibilnost.

U ovu skupinu pripadaju konvencionalni univerzalni strojevi, NU (NC) strojevi i obradni centri.

Prilagodljivi (fleksibilni) sustavi sastoje se od više numerički upravljanih alatnih strojeva, obradnih centara i obradnih ćelija, povezanih pomoću automatiziranog transporta obradaka. Središnje računalo upravlja cjelokupnim sustavom čime se omogućuje integracija cjelokupnog sustava u jednu cjelinu.

U ovu skupinu ubrajaju se fleksibilne obradne ćelije, fleksibilni obradni sustavi i fleksibilne transfer linije.

Neprilagodljivi sustavi dijele se na posebne strojeve i transfer i rotofer linije. Ovi sustavi primjenjuju se za velike serije, mali asortiman, visoku proizvodnost i nisku fleksibilnost.

S obzirom na izvedbu, vrste alatnih strojeva su:

1. Konvencionalni univerzalni alatni strojevi
2. Numerički upravljani alatni strojevi
3. Obradni centri
4. Fleksibilne obradne ćelije
5. Fleksibilni obradni sustavi
6. Fleksibilne transfer-linije
7. Posebni strojevi
8. Rotofer i transfer-linije

Konvencionalni univerzalni alatni strojevi nisu numerički upravljani. Radnik koji opslužuje stroj ima velik utjecaj na rad stroja, pa tako kvaliteta proizvoda i vrijeme obrade najviše ovise o operateru stroja.

Numerički upravljani alatni strojevi upotrebljavaju se za obradu malog broja proizvoda koji se mnogo ne razlikuju, kod kojih se ne bi isplatila obrada automatiziranim sustavima. Često se upotrebljavaju pri izradi prototipova. Odlikuje ih velika fleksibilnost, dakle može se na njima obrađivati veliki broj različitih dijelova, ali im je niska proizvodnost. Oblik obratka dobiva se

programiranjem putanje vrha oštrice alata. Obradu vrlo složenih oblika omogućuje istodobno višeosno upravljanje.

Obradni centri imaju mogućnost automatske izmjene alata i posjeduju spremište alata. To omogućava veću koncentraciju operacija u jednom stezanju sirovca. Izmjenu sirovaca i izradaka vrši operater neposredno, ili s pomoću okretnog stola s paletama te izmjenjivača paleta. Obradni centri mogu biti izvedeni kao samostalni ili kao obradni moduli prilagođeni fleksibilnom obradnom sustavu.

Fleksibilne obradne ćelije su samostalni sustavi koji osim automatske izmjene alata imaju i automatsku izmjenu obradaka, uređaj za pranje, sušenje i hlađenje, te uređaj za mjerenje izradaka. Nalaze primjenu kod česte promjene proizvodnog programa i malih proizvodnih serija.

Fleksibilni obradni sustavi predstavljaju grupu numerički upravljanih alatnih strojeva (obradnih modula) ili obradnih centara, s uređajem za pranje, sušenje i hlađenje, mjernim strojem, spremištem alata i obradaka, stanicom za ulaganje i odlaganje te upravljačkim sustavom, povezanih zajedničkim transportnim sustavom obradaka.

Posebni strojevi su jednonamjenski specijalni alatni strojevi.

Transfer linije sastoje se od pravocrtno ili kružno poredanih obradnih jedinica, koje taktno po operacijama obrađuju jednake obratke. Primjenjuju se za automatiziranu obradu u velikoserijskoj i masovnoj proizvodnji. Transfer linijama postiže se visoka proizvodnost, ali samo jedan oblik i izmjere obratka.

## **2.6 Posluživanje obradnih sustava [8]**

Priprema numerički upravljanih alatnih strojeva i obradnih sustava sastoji se od projektiranja tehnologije, programiranja, prednamještanja alata, izbora steznih naprava kako bi pomoćna vremena bila smanjena na najmanju moguću mjeru, te izbora alata i tehnologije rezanja koja će značajno smanjiti glavno vrijeme obrade.

Prednamještanje alata odnosi se na prethodno namještanje reznog alata na potrebne izmjere, prije obrade i izvan alatnog stroja, kako bi se tijekom obrade na stroju osigurao uspješan rad i točne izmjere obrađenih površina. Prednamještanjem alata značajno se smanjuje pomoćno vrijeme obrade na klasičnim alatnim strojevima. Kod numerički upravljanih strojeva je neophodno, a kod obradnih centara je osnovni preduvjet automatske izmjene alata. Da bi se prednamještanje reznih alata kao i automatska izmjena alata mogli ostvariti, svaki alat mora imati svoj držač.

Obradni centri, fleksibilne ćelije i fleksibilni obradni sustavi opskrbljeni su spremištem alata i manipulatorom za automatsku izmjenu alata. Automatskom izmjenom alata postiže se koncentracija operacija koje se mogu obaviti u jednom stezanju obratka, skraćenje pomoćnog vremena obrade, automatizirani rad alatnog stroja te fleksibilnost alatnog stroja.

Osnovne pretpostavke za automatsku izmjenu alata su:

- odgovarajući držači alata,
- kodiranje alata,
- prednamještanje alata,
- odgovarajući prihvat za polugu izmjenjivača alata,
- odgovarajuće stezanje alata, tj. držača u glavno vreteno i uređaj za prednamještanje,
- manipulator za izmjenu alata,
- spremište alata,
- automatsko stezanje držača u glavnom vretenu,
- detekcija loma i istrošenja rezne oštrice alata,
- numeričko upravljanje alatnim strojem.

Koliko se operacija obrade može obaviti na nekom obradnom centru ovisi o veličini spremišta alata. Obradni centar može ih imati nekoliko, kao i pomoćno spremište alata, koje sadrži alate za proširivanje broja operacija ili zamjenske alate.

## **2.7 Uvođenje suvremene tehnologije u proizvodnju [8]**

Vrlo je važno pratiti stanje vlastitih kapaciteta proizvodnje s obzirom na njihovo iskorištenje, kvalitetu proizvoda i njihov utjecaj i prikladnost na rastuće zahtjeve suvremenog tržišta.

Konkurentna sposobnost i mogućnost ostvarivanja profita glavni je zadatak svake proizvodnje, koju treba dinamički pratiti i prilagođavati zahtjevima potražnje.

Svaki proizvod ima svoj vijek trajanja, a potreba za određenim proizvodom je neujednačena i konačna. Proizvod ima svoj razvoj, usvajanje, proizvodnju i zastarjelost. Bitno je dovoljno rano, s obzirom na potrebe tržišta, početi s osvajanjem proizvoda i njegovim plasiranjem na tržište prije konkurencije, kako bi se iskoristio veći dio potreba tržišta. Budući da proizvod ima vijek potreba na tržištu, a teži se popunjenju kapaciteta, kada se osjeti pad potreba za proizvodom, treba ga korekcijama ponovno učiniti atraktivnim za tržište, a kada se to iscrpi treba izvesti supstituciju proizvoda.

Kada troškovi rashoda dostignu visinu direktnog prihoda, tada obradni strojevi i sustavi prelaze u fazu zastarijevanja. Malo se isplati kupovati opremu koja je u zreloj fazi jer ova faza može biti kratka. Zato je razumnije usmjeriti se na obradne strojeve i sustave koji su u fazi razvoja. Pretpostavka za ovakva razmišljanja je korištenje strojeva u najmanje dvije pune smjene, a kod fleksibilnog obradnog sustava pune tri smjene, te preko vikenda i praznika. S obzirom na klasične strojeve i jednosmjenski rad, ovo omogućuje znatno intenzivniju upotrebu, tj. iskorištenje strojeva. Stoga, unatoč cijeni obradnih sustava, može doći do smanjenja troškova proizvodnje.

Faktori koji upućuju na novi način proizvodnje su:

- povećanje broja dijelova po vrstama,
- povećanje asortimana,
- povećanje varijanti proizvoda,
- kraći vijek trajanja proizvoda,
- smanjenje veličine serija,
- stanje zaliha gotovih dijelova u skladištu,
- povećanje spremnosti za isporukom,
- nesigurnost na tržištu,
- pritisak konkurencije.

Ovdje je navedeno nekoliko pretpostavki koje ukazuju na stanje kada treba razmišljati o novoj investiciji koju treba realizirati da bi se moglo pratiti tržište. Međutim, pogrešno je kupovati

nove alatne strojeve kao zamjenu za stare i dotrajale strojeve bez detaljne analize proizvoda i asortimana. Danas se kod svake odluke o kupnji obradnog stroja ili sustava rade detaljne analize isplativosti, koje daju minimalne troškove po jedinici proizvoda.

Automatizacija je značajan faktor u realizaciji proizvodnje s ciljem postizanja što nižih troškova i što veće proizvodnosti. Moderniziranje proizvodnje može se promatrati s gospodarskog i humanog aspekta.

Gospodarski aspekt odnosi se na stvaranje mogućnosti racionalnije proizvodnje:

- skraćanjem vremena obrade,
- smanjenjem zauzetosti alatnog stroja,
- skraćanjem vremena zadržavanja izratka u proizvodnom prostoru,
- smanjenjem proizvodnog prostora,
- smanjenjem broja radnika u neposrednoj proizvodnji za strojem,
- skraćanjem roka gotovosti proizvoda,
- smanjenjem investicijskih ulaganja s obzirom na adekvatno klasično rješenje,
- povećanjem iskorištenja obradne opreme.

Humani aspekt zahtijeva da se radnici u neposrednoj proizvodnji oslobode:

- napornog fizičkog i intelektualnog rada,
- odgovornosti za kvalitetu proizvoda i eventualni otpad,
- odgovornosti za proizvodnost,
- štetnog utjecaja procesa rada na zdravlje radnika,
- dosadnog i monotonog rada.

## **2.8 Iskorištenost i kapacitet strojeva [9]**

Iskorištenost strojeva može se analizirati po količini proizvedenih proizvoda, po vremenu rada, po intenzitetu rada i po kvaliteti proizvoda. Pri tome se iskorištenost određuje koeficijentom koji pokazuje odnos između veličine danih i veličine ostvarenih mogućnosti.

Kapacitet stroja je veličina kojom se određuje njegova proizvodna sposobnost, dakle, veličina mogućnosti za proizvodnju. Kapacitet stroja definira se kao njegova sposobnost da u jedinici

vremena obavlja određenu količinu nekih specificiranih proizvodnih efekata određene kvalitete. Time su u pojam kapaciteta ugrađene odrednice količine, vremena i kvalitete proizvoda.

U definiciju kapaciteta unesen je pojam nedefiniranih proizvodnih efekata zbog toga što se ti efekti mogu izražavati na različite načine: količinom proizvoda, brojem udaraca, brojem okretaja i sl. Veličina se kapaciteta uvijek odnosi na određenu vremensku jedinicu, osim kod stacionarnih postrojenja kao što su npr. razni spremnici koji će svoj kapacitet izražavati u površini, volumenu i sl.

Kvalitetna komponenta u definiciji kapaciteta sadržana je u određenju proizvodnih efekata određene kvalitete, dakle, ne bilo kakve, nego određene kvalitete, jer veličina kapaciteta ovisi o kvaliteti produkta. Tako, na primjer kapacitet bušilice ovisi o tome buši li se u čeliku ili u lijevanom željezu. Ili, kvaliteta površine ovisi, među ostalim, i o vremenu brušenja: kratka vremena brušenja imat će za posljedicu veći kapacitet brusilice, ali i manje kvalitetnu površinu obratka. Zbog toga je, preciznosti radi, u pojam kapaciteta valjalo uvesti i kvalitativnu komponentu, pa će se reći da je kapacitet nekoga stroja mogućnost proizvodnje određene količine (kvantitativna komponenta) nekoga proizvoda ili nekoga proizvodnog efekta, određene kvalitete (kvalitativna komponenta) u jedinici vremena (vremenska komponenta).

## **2.9 Zastarijevanje postrojenja [9]**

Zastarijevanje postrojenja je proces postupnog gubitka njegovih tehničkih i ekonomskih karakteristika. Tijekom rada postrojenja su izložena habanju i kvarenju i starenju, a to se odražava gubitkom ili samo smanjenjem sposobnosti za proizvodnju, koja može biti tehničkog, ekonomskog ili funkcionalnog karaktera.

Tehnička nesposobnost je izražena u nemogućnosti stroja da obavlja svoju tehničku funkciju, a to je obično posljedica kvara, loma i slično.

Ekonomska se nesposobnost stroja odnosi na strojeve čiji su troškovi proizvodnje previsoki i donose gubitak.

Funkcionalna nesposobnost stroja slučaj je kada je, zbog bilo kojeg razloga, napuštena proizvodnja u kojoj je neki stroj bio angažiran, a koji se ne može uporabiti za neku drugu svrhu. Takav se slučaj povezuje s postrojenjem usko specijaliziranim za proizvodnju samo određenoga proizvoda ili određene operacije. Ako se prestane proizvoditi taj proizvod ili ta operacija, stroj postaje neuporabljiv, iako može biti u tehnički besprijekornome stanju.

Zastarijevanje postrojenja funkcija je vremena. S vremenom se postrojenje troši i ono tehnički zastarijeva. Zatim, s vremenom se javljaju nove poboljšane, racionalnije i ekonomičnije konstrukcije strojeva. Konačno, s vremenom se mijenja asortiman proizvodnje, napušta se proizvodnja starih, a uvodi proizvodnja novih vrsta proizvoda. U prvom slučaju javlja se tehnička, u drugom ekonomska, a u trećem funkcionalna zastarjelost strojeva i postrojenja. Vrijeme se zastarijevanja skraćuje i ima značajnu težinu u ukupnosti razvojnih rizika.

Zastarjeli stroj valja zamijeniti novim, a čas je zamjene određen trenutkom kada nastupi kritični stupanj zadovoljavanja ukupnosti uvjeta koji određuju tehničku, ekonomsku i opću kvalitetu funkcioniranja. Kada se ocijeni da je stupanj zadovoljavanja kvalitete funkcioniranja stroja nedovoljan, tada se stječu uvjeti za zamjenu odnosnoga stroja.

Osim ekonomičnosti, opći uvjeti funkcioniranja stroja koji utječu na odluku o zamjeni su:

- pouzdanost stroja, što se određuje dužinom razdoblja između dvaju uzastopnih ispadanja stroja zbog kvara i sličnih razloga,
- lakoća održavanja u smislu troškova održavanja i vremena kroz koje je stroj bio izvan pogona radi održavanja,
- lakoća posluživanja i opće zadovoljstvo radom stroja sve se češće navode kao kriterij kvalitete funkcioniranja stroja, i to ne samo u tehničkome smislu nego i kao subjektivna ocjena i kao opći dojam radnika zaposlenih na tome stroju.



### 3 O tvrtki KONČAR – Metalne Konstrukcije d.d.

KONČAR grupa osnovana je pod nazivom Elektra davne 1921. godine. Kasnije mijenja ime u Siemens, te Rade Končar da bi konačno od 1991. godine do danas bili poznati kao KONČAR – Elektroindustrija d.d. KONČAR grupa uključuje još i 20 ovisnih društava i jedno pridruženo društvo s oko 4000 zaposlenika. [10]

Tvrtka KONČAR – Metalne konstrukcije d.d. osnovana je 1995. spajanjem poduzeća KONČAR – Zavarivanje generatora i KONČAR – Specijalni strojevi i oprema. Raspolaze s 9.550 m<sup>2</sup> radnog prostora na dvije lokacije; u Zagrebu i Sessvetskom Kraljevcu.



Slika 3.1. KONČAR – Metalne konstrukcije d.d. [11]

Tvrtka KONČAR – Metalne konstrukcije d.d. specijalizirana je za izradu proizvoda od čelika i aluminija za potrebe sektora energetike, transporta i industrije. Bavi se proizvodnjom komponenata transformatorskih kotlova, kao što su konzervatori, kupole i baterije, zatim proizvodnjom kućišta statora, oklopljenih aluminijskih sabirnica te okretnih postolja za niskopodne tramvaje i vlakove.

Transformatorski kotlovi za energetske i lokomotivske transformatore izrađuju se od konstrukcijskog čelika ili aluminija. Pored toga u proizvodnji transformatora rabe se i sitnozrnati čelici, nemagnetski materijali i bakar. Navedeni materijali zavaruju se postupcima REL, MAG, MIG, TIG i EPP. Nakon zavarivanja vrši se ispitivanje nepropusnosti tlačnom probom i provjera zavara nerazornim metodama. Prije pjeskarenja vrši se funkcionalno i dimenzijsko ispitivanje kroz probnu montažu kompletnog kotla.

Dominantna tehnologija je bravarsko-zavarivačka, a proizvodni potencijal definiran je dizalicama nosivosti 63 tone i maksimalnom visinom dizanja izratka od 11 metara, što omogućuje proizvodnju najvećih i najzahtjevnijih jedinica.

Generatorske komponente koje se proizvode su kućišta statora, polni kotači, rotor i zvijezde rotora. Isporučuju se proizvođačima generatora i proizvođačima industrijskih, građevinskih i transportnih strojeva i opreme. [11]

### **3.1 ERP sustav**

U tvrtki KONČAR implementiran je proizvodno-poslovni informacijski sustav ERP (e. *Enterprise Resource Planning*). ERP sustav je povezan skup računalnih programa koji informatiziraju sve funkcije poduzeća i povezuju poduzeće u jednu integralnu cjelinu.

ERP sustav služi kao podrška za izvršenje, odlučivanje, planiranje, upravljanje i vođenje u poduzećima. U širem smislu, ERP sustav je spoj sljedećih komponenata: informatičke tehnologije, računalnih programa i organizacijskih rješenja za informatiziranje poslovanja, praćenje i povezivanje procesa poslovanja te podršku kvalitetnom odlučivanju i upravljanju poduzećem.

Prvenstveno je namijenjen za poduzeća gdje je proizvodnja osnovna djelatnost – ERP sustavi za vođenje proizvodnje. Čini ga cjelina sastavljena od modula koji pokrivaju sve funkcije poduzeća. Moduli su izmjenjivi i kombiniraju se prema potrebama poduzeća. [12]

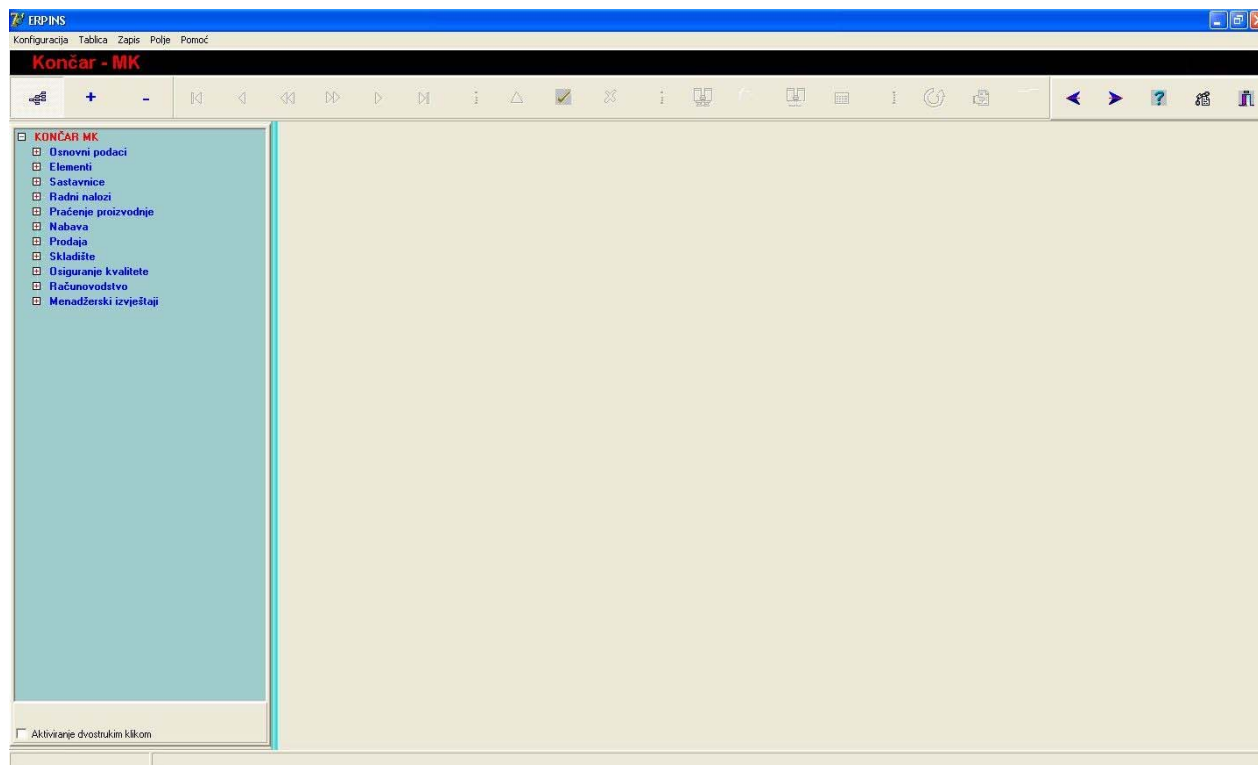
Moduli koje upotrebljava KONČAR – MK su:

- Osnovni podaci
  - podaci o partnerima, njihovim kontaktima i lokacijama
- Elementi
  - šifre elemenata (proizvoda, dijelova, sklopova), popis ručnih i strojnih radnih mjesta, cjenik elemenata
- Sastavnice
  - konstrukcijske i komercijalne sastavnice, izvještaji potrebnih elemenata za pojedine proizvode

- 
- Radni nalozi (RN)
    - tvornički brojevi, gabariti za transport, proizvodne sastavnice, storniranje/ponišćavanje radnih naloga
    - izvještaji: pregled gotovosti za radni nalog, pregled učestalosti pozicija po radnim nalozima, procijenjeni i ostvareni troškovi reklamacija
  - Praćenje proizvodnje
    - prijava rada, gantogrami aktivnosti po RN, pregled i korekcija dijelova u proizvodnji
    - izvještaji: analiza rezanja, analiza ostvarenja, stanje po radnim nalozima
  - Nabava
    - nabavni cjenik, zahtjevi za nabavu, narudžbe, uvjeti dobavljača
    - izvještaji: veza narudžba-zahtjev, veza upit-zahtjev, pregled potreba, prijem robe, popis narudžbi preko naziva elementa
  - Prodaja
    - ugovori (uvjeti prodaje) s kupcima, upiti kupaca, ponude, računi za primljeni predujam, narudžbe kupaca, paketi, otpremnice, računi, knjižne obavijesti, izvoz, kalkulacija
    - izvještaji: popis ugovora, popis ponuda, knjiga evidencije upita, pregled ponuda, pregled narudžbi, popis računa, popis knjižnih obavijesti, fakturirana realizacija po artiklima/partnerima/zemljama
  - Skladište
    - pregled stanja na skladištu, izvještaji
  - Osiguranje kvalitete
    - kontrola proizvodnje, reklamacije kupaca, prijava greške, pregled dokumenata kontrole, pregled atesta, oznake po normama/standardima
    - izvještaji: statistički izvještaji, lista materijala, lista zavarivača
  - Računovodstvo
  - Menadžerski izvještaji.

Iz navedenih modula mogu se dobiti svi podaci o stanju u proizvodnji, radnim mjestima, utrošenim satima, zauzetosti strojeva, koji su potrebni kako bi se izvršio proračun isplativosti investiranja u nove strojeve.

Na slici 3.2. prikazano je sučelje ERP sustava koji koristi tvrtka KONČAR – MK.



Slika 3.2. ERP sustav

## 4 Opis trenutnog stanja u strojnoj obradi

Proizvodni proces zaokružen je strojnom obradom, rezanjem te zaštitom od korozije i pakiranjem. Proizvodni kapaciteti tvrtke omogućuju izradu proizvoda velikih gabarita na bazi čeličnih materijala i ostalih metalnih legura te zaštitu od korozije istih. Tijekom godina rada u poduzeću su razvijena posebna specijalistička znanja na području izrade transformatorskih kotlova. [10]

### 4.1 Raspoloživi kapaciteti

U tvrtki KONČAR – MK raspoloživi strojevi za operacije bušenja, tokarenja i glodanja, prikazani su u tablici 4.1 s odgovarajućom grupom radnih mjesta (GRM) u koju pripadaju.

**Tablica 4.1. Opis trenutnog stanja opreme u pogonu za strojnu obradu**

Operacija	GRM	Strojevi
<b>BUŠENJE</b>	Stupne bušilice	Stupna bušilica Dalmastroj
		Stupna bušilica Joshida
	Radijalne bušilice	Radijalna bušilica KNUTH R32
		Radijalna bušilica RFH 75/2000 02
		Radijalna bušilica VR104A
		Radijalna bušilica RFH/2000 01
<b>TOKARENJE</b>	Klasično tokarenje	Tokarilica PA-900
		Tokarilica Alfa 410x1000
		Tokarilica univerzalna
	CNC tokarenje	CNC tokarilica TRAUB TNA 480
		CNC tokarilica RAŠA TU 480
		CNC tokarilica Prvomajska TN 480
	Vertikalno tokarenje	Tokarski stroj Karusel
<b>GLODANJE</b>	Klasično glodanje	Glodalica PGU 400/V Prvomajska
		Glodalica Multif.Opti. MF4 VAR
	CNC obradni centri	Obradni centar STAMA 540
		Obradni centar STAMA 550
		Glodalica Prvomajska AG-400

---

## **4.2 Trenutni raspored strojeva i zaposlenika**

U prilogu 8.1 prikazan je trenutni raspored strojeva u proizvodnoj hali za strojnu obradu.

## **4.3 Strojevi razmatrani za zamjenu**

U nastavku su navedeni strojevi koji će se izbaciti iz proizvodnje te njihove karakteristike i mogućnosti obrade.

### **CNC Tokarilica Prvomajska TN 480**

- Godina proizvodnje: 1985.
- Maksimalna dužina obrade: 700 mm
- Maksimalni promjer obrade: 480 mm
- Masa: 3000 kg
- Broj alata u revolverskoj glavi: 6

### **CNC Obradni centar STAMA 540**

- Godina proizvodnje: 1985.
- Radno područje:  $X = 2000$  mm,  $Y = 600$  mm,  $Z = 500$  mm
- Frekvencija vrtnje: 50 – 6000 okr/min
- Masa: 9500 kg

### **CNC Obradni centar STAMA 550**

- Godina proizvodnje: 1989.
- Radno područje:  $X = 3000$  mm,  $Y = 1000$  mm,  $Z = 700$  mm
- Frekvencija vrtnje: 50 – 4500 okr/min
- Masa: 10500 kg

### **Glodalica Prvomajska AG-400**

- Godina proizvodnje: 1988.
- Broj okretaja: 28-1400 o/min
- Radno područje:  $X = 1000$  mm;  $Y = 390$  mm;  $Z = 430$  mm

---

**Stupna bušilica Dalmastroj**

- Godina proizvodnje: 1978.
- Masa: 650 kg
- Maksimalni promjer bušenja: 24 mm

**Stupna bušilica Joshida**

- Godina proizvodnje: 1977.
- Masa: 850 kg
- Maksimalni promjer bušenja: 32 mm

**4.4 Problemi**

Problemi u strojnoj obradi s kojima se susreće tvrtka KONČAR – Metalne konstrukcije su:

- zastarjelost opreme i tehnologije
- niska produktivnost
- visoki troškovi održavanja
- zastoji u proizvodnji.

**4.4.1 Zastarjelost opreme i tehnologije**

Predstavnički proizvod za strojnu obradu su priрубnice, koje je potrebno obraditi u dvije operacije; tokarenjem i bušenjem.

Tokarenje se izvodi na nekoliko strojeva, između ostalog i na CNC tokarilici Prvomajska TN 480. Taj stroj je star više od 20 godina te ima brojne nedostatke. Ulaganje u obnovu strojeva nužno je iz brojnih razloga. Potrebno je zamijeniti stezne glave (amerikanere) zbog istrošenosti, troškovi održavanja su previsoki, nema opcije bušenja pa je potrebna dodatna operacija na drugom stroju, ograničen je broj alata u revolverskoj glavi, a za opsluživanje jednog stroja potrebna su dva operatera.

Bušenje se izvodi na dvije stupne bušilice – Dalmastroj i Joshida. Trenutno su 3 operatera zaposlena na stupnom bušenju, a prije samog bušenja moraju na pripremcima zacrtavati pozicije provrta. Za to vrijeme stroj stoji, a na to odlazi 50 % produktivnog vremena.

Daljnji razmatrani strojevi za zamjenu su CNC obradni centar Stama 540, CNC obradni centar Stama 550 i glodalica Prvomajska AG-400. Strojevi su zastarjeli, zbog čega dolazi do

brojnih stajanja zbog kvarova, a troškovi održavanja su visoki. Zbog lošeg stanja također dolazi do problema postizanja većih vrijednosti frekvencije vrtnje ili dovođenja sredstva za hlađenje alata kroz glavno vreteno.

Pored toga, često dolazi do zastoja u kasnijim fazama proizvodnje, koji su uzrokovani kašnjenjem pozicija sa strojne obrade.

#### 4.4.2 Troškovi održavanja

U tablici 4.2 prikazani su troškovi održavanja za razmatrane strojeve u razdoblju od godine dana. Podaci o troškovima prikupljeni su iz ERP sustava u modulu s računima.

Ukupni trošak održavanja izračunava se kao zbroj troškova usluga popravaka, troška održavanja koje se provodi u KONČAR-u, troška rezervnih dijelova i troškova zastoja.

$$T_{od} = T_{usl} + T_{KMK} + T_{mat} + T_z \quad (4.1)$$

gdje je:

$T_{od}$  – ukupni trošak održavanja, €

$T_{usl}$  – trošak usluga popravaka, €

$T_{KMK}$  – trošak održavanja od strane K-MK, €

$T_{mat}$  – trošak materijala, €

$T_z$  – trošak zastoja, €

Trošak održavanja provedenog u KONČAR-u izračunava se prema formuli:

$$T_{KMK} = h_K \cdot c_K \quad (4.2)$$

gdje je:

$h_K$  – broj utrošenih sati održavanja od strane K-MK, h

$c_K$  – cijena sata rada održavanja od strane K-MK, u iznosu od 10 €/h



Iz ERP sustava dobiveni su podaci o vremenima zastoja za navedene strojeve, u razdoblju od godinu dana:

- TN 480 – 1 mj,
- STAMA 540 – 1,5 mj,
- STAMA 550 – 2 mj,
- AG 400 – 2 mj.

Broj radnih dana u mjesecu je 26, od čega se 22 dana radi u dvije smjene (16 h), a 4 dana (subote) u jednoj smjeni (8 h). Prema tome konačna vremena zastoja u satima za pojedine strojeve iznose:

$$h_{\text{TN}} = [(22 \cdot 16) + (4 \cdot 8)] \cdot 1 = 384 \text{ h}$$

$$h_{540} = [(22 \cdot 16) + (4 \cdot 8)] \cdot 1,5 = 576 \text{ h}$$

$$h_{550} = [(22 \cdot 16) + (4 \cdot 8)] \cdot 2 = 768 \text{ h}$$

$$h_{\text{AG}} = [(22 \cdot 16) + (4 \cdot 8)] \cdot 2 = 768 \text{ h}$$

Trošak zastoja izračunava se prema formuli:

$$T_z = h_z \cdot c_r \quad (4.3)$$

gdje je:

$h_z$  – broj sati provedenih u zastoju, h

$c_r$  – cijena sata rada na pojedinom stroju, €/h

Cijene sata rada na navedenim strojevima iznose:

- TN 480 – 27 €/h,
- STAMA 540 – 35 €/h,,
- STAMA 550 – 35 €/h,,
- AG 400 – 27 €/h,.

Prema tome su dobiveni iznosi prikazani u tablici 4.2. Ukupan godišnji trošak održavanja iznosi 110.925 €, odnosno 843.030 kn.

**Tablica 4.2. Troškovi održavanja na pojedinim strojevima**



	STAMA 550	STAMA 540	TN 480	AG 400	UKUPNO
Usluge popravaka	9.218,71 €	4.616,94 €	3.492,56 €	5.147,59 €	22.475,80 €
Održavanje K-MK	77,71 €	38,92 €	29,44 €	43,39 €	189,47 €
Rezervni dijelovi	4.149,09 €	2.077,96 €	1.571,91 €	2.316,79 €	10.115,76 €
Zastoji	26.880,00 €	20.160,00 €	10.368,00 €	20.736,00 €	78.144,00 €
UKUPNO	40.325,52 €	26.893,82 €	15.461,91 €	28.243,78 €	110.925,03 €
					843.030,20 kn

## 5 Opis budućeg stanja

Nakon razmatranja kataloga i ponuda od nekoliko proizvođača, predložene su sljedeće zamjene, prikazane u tablici 5.1.

**Tablica 5.1. Strojevi za otpis i njihove moguće zamjene**

Stroj za otpis	Zamjenski stroj
 <p>CNC Tokarilica Prvomajska TN 480</p>	 <p>CNC Tokarilica ST-35</p>
 <p>CNC Obradni centar Srema 540</p>	 <p>CNC Vertikalni obradni centar VF-9/40</p>
 <p>CNC Obradni centar Srema 550</p>	 <p>CNC Vertikalni obradni centar VF-3YT</p>

 <p>Glodalica Prvomajska AG-400</p>	<p>Nema zamjene (dva nova stroja produktivnošću zamijenjuju tri stara)</p>
<p>Stupna bušilica Dalmastroj</p>	 <p>CMA automatska koordinatna bušilica TRD38 CNC 3000</p>
<p>Stupna bušilica Joshida</p>	

### 5.1 Cilj ulaganja u nove strojeve

Ciljevi ulaganja u nove strojeve su:

- povećanje produktivnosti
- smanjenje troškova održavanja
- smanjenje zastoja u proizvodnji
- veća pouzdanost strojeva
- bolja kvaliteta proizvoda.

## 5.2 Metoda povećanja produktivnosti

Zamjenom dvije stupne bušilice s jednom koordinatnom bušilicom postiglo bi se povećanje produktivnosti, smanjenje broja operatera s tri na dva, te bi se potpuno eliminiralo ručno zacrtavanje provrta, rad koji nije u sklopu dodane vrijednosti. Također je moguće postići istovremeni rad na dva radna mjesta, dok se na jednom priprema sirovac, na drugom se provodi bušenje.

Na novoj automatskoj koordinatnoj bušilici upotrebljavala bi se svrdla koja imaju mogućnost dovođenja sredstva za hlađenje i podmazivanje kroz sami alat.

Dovod sredstva za hlađenje i podmazivanje (SHIP) u zonu rezanja poboljšava odvođenje odvojene čestice, kvalitetu provrta i životni vijek svrdla. Postoje dva načina dovođenja SHIP-a u zonu rezanja: dovođenje kanalima kroz tijelo alata i vanjsko dovođenje između tijela alata i stijenke provrta. [13]

Na slici 5.1 prikazane su odvojene čestice pri bušenju bez SHIP-a, bušenju svrdlom s vanjskim sustavom hlađenja, te bušenju svrdlom s dovođenjem sredstva za hlađenje kanalima kroz svrdlo. Unutrašnje hlađenje osigurava dostatno hlađenje ruba alata. [14]



**Slika 5.1. Usporedba odvojene čestice nakon bušenja bez hlađenja, s vanjskim hlađenjem i s hlađenjem kroz svrdlo [14]**

Zamjenom stare CNC tokarilice za tokarski obradni centar znatno bi se uštedilo na vremenu čekanja jer obradni centar ima pogonjene alate. Time bi se eliminirala i potreba bušenja na drugom stroju. Mogućnosti obrade su povećane i povećanjem broja alata u revolverskoj glavi s 6 na 12.

### 5.3 Odabir strojeva za investiciju

U nastavku su navedene karakteristike i mogućnosti obrade novih strojeva, izvučene iz *online* kataloga proizvođača.

#### HAAS ST-35 CNC Tokarilica [15]

- maksimalna dužina obrade: 660 mm
- maksimalni promjer obrade: 533 mm
- veličina stezne glave (amerikanera): 305 mm
- hod osi X, Z: 318 mm, 660 mm
- brzi hod osi X, Z: 24 m/min
- frekvencija vrtnje vretena: 2400 okr/min
- broj alata u revolverskoj glavi: 12



Slika 5.2. HAAS ST-35 CNC Tokarilica [16]

#### HAAS VF-3YT Vertikalni obradni centar [15]

- Hod osi XYZ: 1016 x 660 x 635 mm
- Frekvencija vrtnje: 8100 okr/min
- Brzi hod osi: 18 m/min
- Standardni izmjenjivač alata: 30 + 1 bočno montirani





Slika 5.3. HAAS VF-3YT Vertikalni obradni centar [16]

#### HAAS VF-9/40 Vertikalni obradni centar [15]

- Hod osi XYZ: 2134 x 1016 x 762 mm
- Frekvencija vrtnje: 8100 okr/min
- Brzi hod osi: 15.2 m/min
- Standardni izmjenjivač alata: 24 + 1 bočno montirani



Slika 5.4. HAAS VF-9/40 Vertikalni obradni centar [16]

**CMA automatska koordinatna bušilica TRD38 CNC 3000 [17]**

- Hod osi XYZ: 3000 (16.500) x 600 x 400
- Brzi hod osi X: 30 m/min
- Brzi hod osi Y: 25 m/min
- Broj alata u izmjenjivaču: 10
- Pogon 8,9 kW
- Mogućnosti: duboko bušenje s prekidom odvojene čestice, upuštanje provrta, urezivanje navoja, jednostavne operacije glodanja



**Slika 5.5. CMA automatska koordinatna bušilica TRD38 CNC 3000 [18]**



#### 5.4 Novi (povećani) kapaciteti

U tablici 5.1 opisano je buduće stanje opreme u pogonu za strojnu obradu, opremljenom s novim strojevima.

**Tablica 5.2. Opis budućeg stanja opreme u pogonu za strojnu obradu**

Operacija	Grupa radnih mjesta (GRM)	Strojevi / Oprema
<b>BUŠENJE</b>	CNC Koordinatna bušilica	CMA automatska koordinatna bušilica TRD38 CNC 3000
	Radijalne bušilice	Radijalna bušilica KNUTH R32
		Radijalna bušilica RFH 75/2000 02
		Radijalna bušilica VR104A
		Radijalna bušilica RFH/2000 01
<b>TOKARENJE</b>	Klasično tokarenje	Tokarilica PA-900
		Tokarilica Alfa 410x1000
		Tokarilica univerzalna
	CNC tokarenje	CNC Tokarilica ST-35
		CNC tokarilica RAŠA TU 480
		CNC tokarilica TRAUB TNA 480
	Vertikalno tokarenje	Tokarski stroj Karusel
<b>GLODANJE</b>	Klasično glodanje	Glodalica PGU 400/V Prvomajska
		Glodalica Multif. Opti. MF4 VAR
		Glodalica Prvomajska AG-400
	CNC obradni centri	CNC Vertikalni obradni centar VF-9/40
		CNC Vertikalni obradni centar VF-3YT

#### 5.5 Novi raspored strojeva i zaposlenika

U prilogu 8.2 prikazan je novi raspored strojeva u proizvodnoj hali za strojnu obradu, nakon zamjene strojeva.

## 6 Procjena isplativosti investicije

Procjena isplativosti investicije za ovaj slučaj analizirana je pomoću izračuna razdoblja povrata investicije.

### 6.1 Razdoblje povrata investicije

Razdoblje povrata investicije (e. *pay-off-period method*) je razdoblje potrebno da bi se vratilo ulaganje. Može se tumačiti i kao razdoblje tijekom kojega je potrebno prikupljati pozitivne neto primitke u razdoblju poslovanja, kako bi se zbroj negativnih neto primitaka iz razdoblja izvedbe sveo na nulu. To se razdoblje određuje prema matematičkom obrascu i ne smije biti duže od vijeka projekta, tj. investicija se mora vratiti najkasnije potkraj vijeka. [19]

Razdoblje povrata je to kraće što je tehnološki napredak brži, jer tada oprema brže zastarijeva i potrebno ju je češće obnavljati; ono je također to kraće što se više značenja pridaje likvidnosti u procesu poslovanja, budući da kraće razdoblje povrata omogućuje izbor projekta s bržim povratom investicije. [19]

Formula za razdoblje povrata  $R_p$  izražena u godinama: [20]

$$R_p = \frac{\text{Ulaganje}}{\text{Godišnji čisti novčani tok}} = \frac{\text{Ulaganje}}{(\text{Prihod}_1 - \text{Prihod}_0) - (\text{Trošak}_1 - \text{Trošak}_0)} \quad (6.1)$$

gdje su:

indeks 0 – odnosi se na proizvodnju starim strojem,

indeks 1 – odnosi se na proizvodnju novim strojem,

Prihod – izračunat kao umnožak cijene sata rada s godišnjim kapacitetom u norma satima,

Trošak – ukupni godišnji troškovi rada i održavanja:

$$T_{uk} = T_r + T_{od} \quad (6.2)$$

U razmatranom slučaju, godišnji trošak rada  $T_r$  izračunava se kao umnožak broja raspoloživih sati godišnje s cijenom sata rada, za svaku grupu radnih mjesta. Godišnji trošak održavanja stroja  $T_{od}$  izračunava se prema (4.1) i sastoji se od troškova internog održavanja, troškova usluga održavanja, troškova rezervnih dijelova i troškova zastoja.

---

Metode financijskog odlučivanja mogu biti: [21]

- Metoda razdoblja povrata
- Metoda diskontiranog razdoblja povrata
- Metoda čiste sadašnje vrijednosti
- Metoda interne stope profitabilnosti
- Metoda indeksa profitabilnosti.

Metoda razdoblja povrata jednostavna je za uporabu, no ne uzima u obzir vremensku vrijednost novca. Navedeni nedostatak uklanja metoda diskontiranog razdoblja povrata. [21]

Svođenje budućih novčanih tokova na sadašnju vrijednost putem diskontiranja provodi se formulom: [21]

$$I_0 = \frac{I_t}{(1 + k)^t}$$

gdje su:

$I_0$  – aktualizirana vrijednost novca

$I_t$  – vrijednost novca nakon  $t$  godina

$k$  – diskontna stopa

Za diskontiranje se rabi eskontna stopa Narodne banke Hrvatske koja trenutno iznosi 7 %. [22]

Diskontirano razdoblje povrata investicije  $DR_P$  uvijek je veće od razdoblja povrata investicije  $R_P$ .

## **6.2 Ulazni podaci za izračun razdoblja povrata investicije**

U tablicama 8.3 i 8.4 u prilogu navedene su grupe radnih mjesta u strojnoj obradi s pripadajućim brojem radnika i ostalim podacima koji su potrebni za izračun. Tablica 8.1 odnosi se na stanje prije uvođenje novih strojeva, a tablica 8.2 s novim strojevima.

Za mjesečni fond sati uzeto je 150 sati, s radnim vremenom smjene od 8 sati, a na godišnjoj razini oduzima se 10 % zbog godišnjih odmora, praznika i sl. Broj raspoloživih sati na mjesec izračunat je množenjem broja radnika s mjesečnim fondom sati.

Podaci o postotku ispunjavanje norme izvađeni su iz ERP sustava, uspoređivanjem odrađenih sati s brojem norma sati.

Cijena sata rada stroja obuhvaća nabavnu cijenu stroja, troškove rada na samom stroju, troškove održavanja, amortizacije, osiguranja, pripadajuće režijske troškove (npr. električna energija) i ostale troškove koji se mogu alocirati na taj stroj.

Podaci o cijenama sata rada strojeva korišteni u radu izračunati su prema internim financijskim metodama računovodstva.

Mjesečni kapacitet u norma satima izračunat je množenjem postotka ispunjavanja norme s brojem raspoloživih sati na mjesec za svaku grupu radnih mjesta.

U tablici 8.2 može se vidjeti smanjenje ukupnog broja radnika u strojnoj obradi s 23 na 21.

Troškovi nabave novih strojeva iznose:

- CNC tokarilica ST-35: 100.000 €
- CNC vertikalni obradni centar VF-9/40: 150.000 €
- CNC vertikalni obradni centar VF-3YT: 85.000 €
- CMA automatska koordinatna bušilica TRD38 CNC 3000: 65.000 €

Ukupni trošak nabave novih strojeva iznosi 400.000 €.

### **6.3 Rezultati izračuna razdoblja povrata investicije**

Izračunavanje vrijednosti pojedinih parametara za ovaj slučaj navedeni su u tablici 6.1. Budući da se troškovi zastoja za novu opremu ne mogu točno odrediti, pretpostavljena su tri scenarija:

1. idealan slučaj bez troškova zastoja ( $R_{p1}$ ),
2. trošak zastoja u iznosu od 20 % od postojećeg stanja ( $R_{p2}$ ),
3. te trošak zastoja u iznosu od 50 % od postojećeg stanja ( $R_{p3}$ ).

**Tablica 6.1. Vrijednosti parametara potrebnih za izračunavanje Rp**

Godišnji iznosi	Postojeće stanje	Novo stanje	Komentar
Ulaganje	0 €	400 000 €	
Prihod	65 011 €	88 610 €	
Trošak rada	82 800 €	88 350 €	
Trošak usluga popravaka	22 476 €	0 €	Troškovi održavanja prvih 5 godina su uračunati u investiciju
Trošak internog održavanja (K-MK)	189 €	0 €	
Trošak rezervnih dijelova	10 116 €	0 €	
Trošak zastoja			
Scenarij 1:	78 144 €	0 €	0 % od postojećeg troška zastoja
Scenarij 2		15 629 €	20 % od postojećeg troška zastoja
Scenarij 3		39 072 €	50 % od postojećeg troška zastoja

Razdoblje povrata za scenarij 1:

$$R_{P1} = \frac{400\,000}{(88\,610 - 65\,011) - (88\,350 - 193\,725)} = 3,10 \text{ godina}$$

Razdoblje povrata za scenarij 2:

$$R_{P2} = \frac{400\,000}{(88\,610 - 65\,011) - (103\,979 - 193\,725)} = 3,53 \text{ godina}$$

Razdoblje povrata za scenarij 3:

$$R_{P3} = \frac{400\,000}{(88\,610 - 65\,011) - (127\,422 - 193\,725)} = 4,45 \text{ godina}$$

Uz primjenu diskontiranja od 7 % godišnje, rezultati su sljedeći:

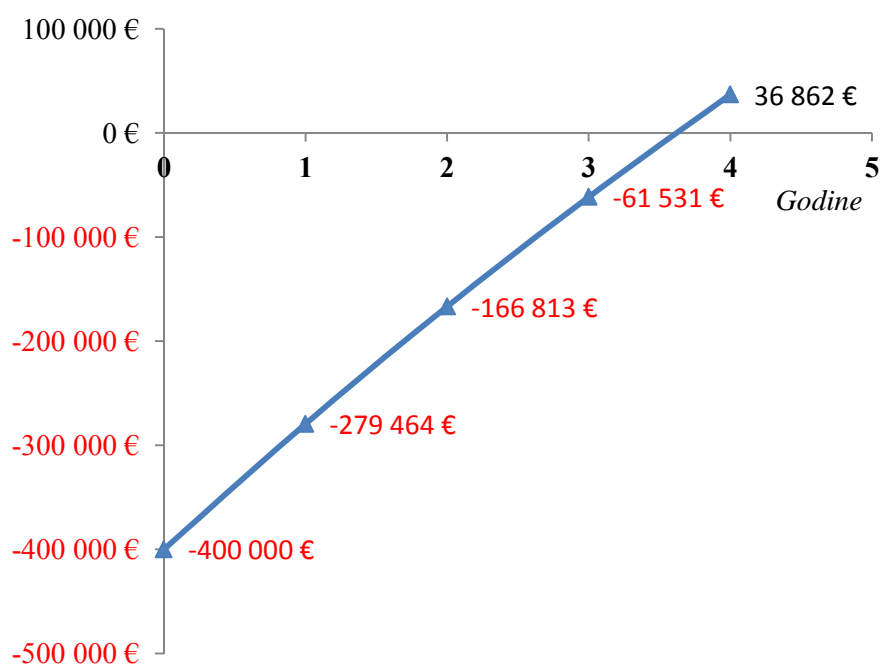
$$DR_{P1} = 3,63 \text{ godine}$$

$$DR_{P2} = 4,20 \text{ godine}$$

$$DR_{P3} = 5,52 \text{ godine}$$

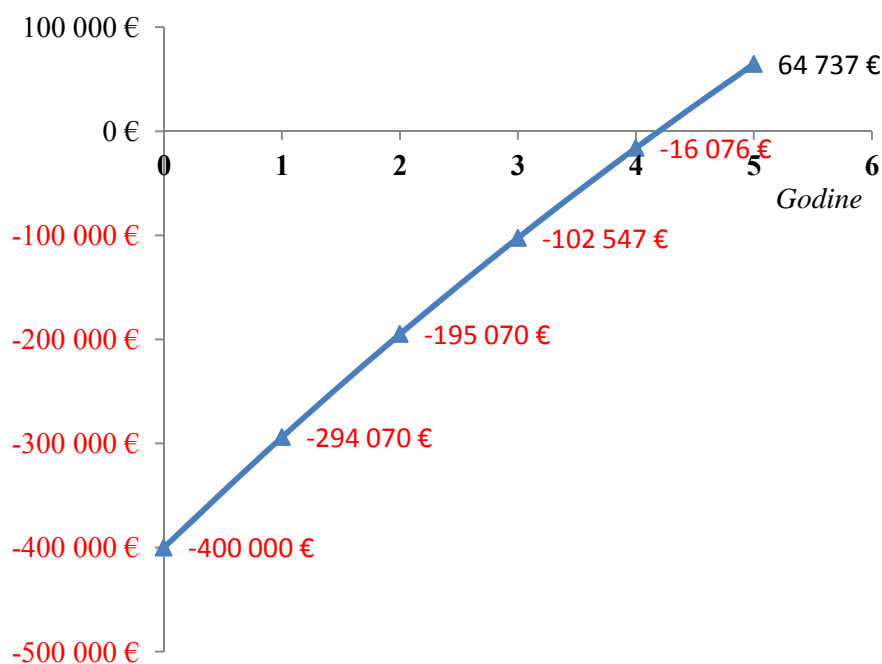
što je grafički prikazano na slikama 6.1, 6.2 i 6.3.

### Scenarij 1 - Kumulativni novčani tok

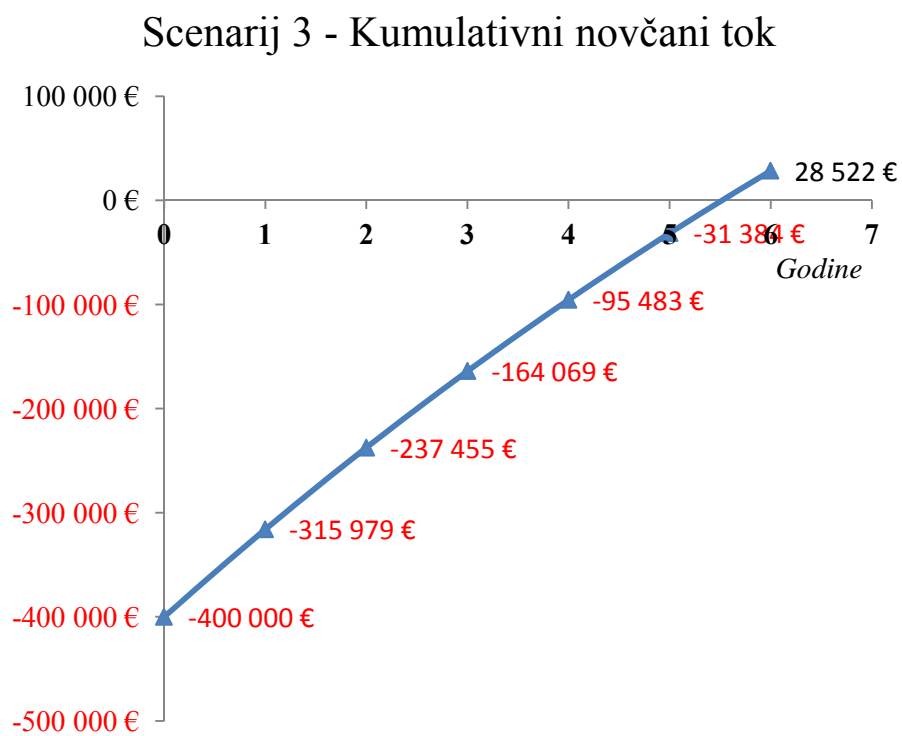


Slika 6.1. Grafički prikaz diskontiranog kumulativnog novčanog toka za scenarij 1

### Scenarij 2 - Kumulativni novčani tok



Slika 6.2. Grafički prikaz diskontiranog kumulativnog novčanog toka za scenarij 2



**Slika 6.3. Grafički prikaz diskontiranog kumulativnog novčanog toka za scenarij 3**

---

## 7 ZAKLJUČAK

U radu je provedena analiza tehničke i ekonomske isplativosti zamjene postojećih strojeva za obradu odvajanjem čestica u poduzeću KONČAR – Metalne konstrukcije d.d. novim.

Najvažnije tehničke prednosti novih strojeva su viša brzina obrade, veće mogućnosti obrade, veći kapaciteti, energetska učinkovitost i automatizacija. Na primjeru operacije bušenja, uvođenjem novog stroja eliminira se ručna aktivnost zacrtavanja provrta čime se ubrzava cijeli proces i postiže bolja kvaliteta obradaka upotrebom svrdla s dovodenjem SHIP-a kroz alat zbog poboljšanog hlađenja. Dodatno, bušenje se može provesti na tokarskom obradnom centru koji zamjenjuje stari tokarski stroj koji ima pogonjene alate, te se obradak ne mora premještati s tokarskog stroja na bušilicu kako je to bilo do sada, čime se znatno skraćuje pripremno-završno vrijeme. Uz to, dvostruko se povećava broj alata u revolverskoj glavi (s 6 na 12 mjesta), a novi strojevi omogućavaju primjenu suvremenijih i boljih reznih alata, a time se postižu kraća vremena obrade.

Novi vertikalni obradni centri mogu postići znatno više brzine rezanja i frekvencije vrtnje glavnog vretena u odnosu na stare. Svi novi strojevi opremljeni su suvremenim informatičkim sklopovima čime se omogućuje interoperabilnost s drugim postojećim informatičkim sustavima za projektiranje i pripremu proizvodnje.

Analiza ekonomske isplativosti provedena je s pomoću proračuna razdoblja povrata investicije. Uz pretpostavljena tri različita scenarija za troškove zastoja novih strojeva, dobiveni povrat investicije kreće se u rasponu od 3,10 do 4,45 godine. Primjenom diskontirane metode, koja uzima u obzir i vremensku vrijednost novca, dobiveni rezultati kreću se u rasponu od 3,63 do 5,52 godine.

Pored svega, nabavom novih strojeva povećavaju se proizvodni kapaciteti, čime se otvaraju nove mogućnosti pružanja usluga drugim poduzećima unutar KONČAR Grupe i na otvorenom tržištu.



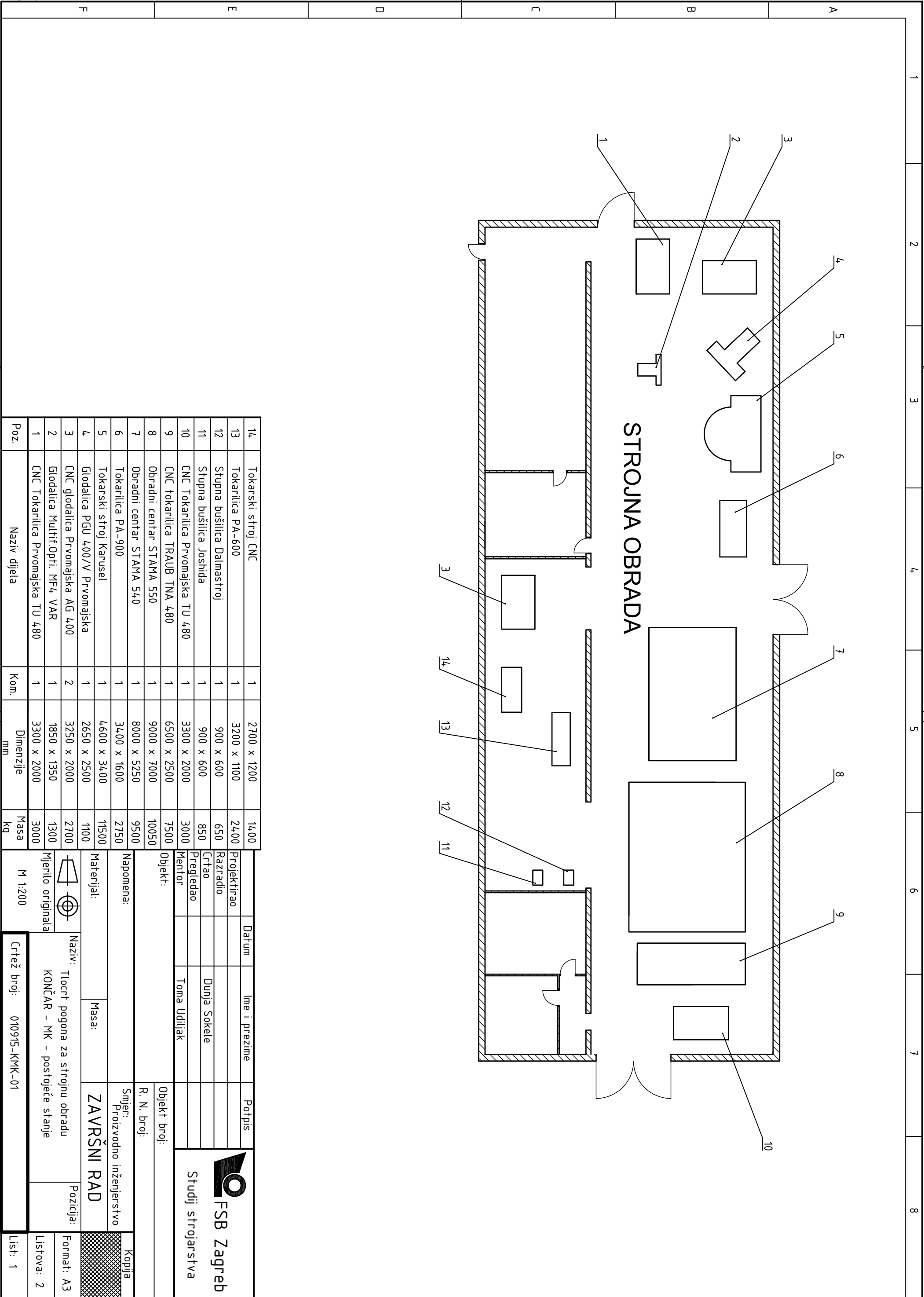
---

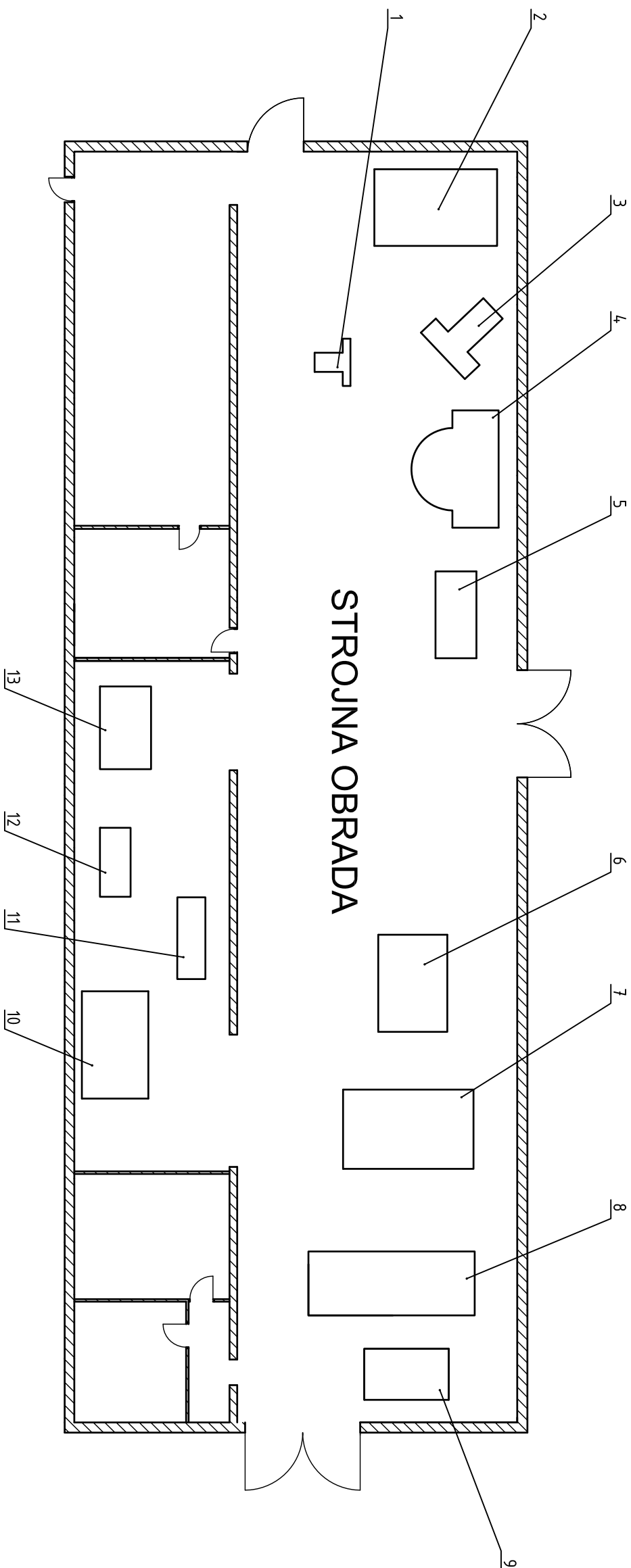
## LITERATURA

- [1] Interna predavanja iz kolegija CAM
- [2] Šavar, Š.: Obrada odvajanjem čestica I.dio, Zagreb, 1977.
- [3] Interna predavanja iz kolegija Obradni strojevi
- [4] Bošnjaković, M.: Numerički upravljani alatni strojevi
- [5] Interna predavanja iz kolegija Regulacija obradnih strojeva
- [6] Today's Machining World, <http://todaysmachiningworld.com/magazine/origins-a-break-from-the-grind/>, pristupljeno 05.09.2015.
- [7] Blažević, Z.: Programiranje CNC tokarilice i glodalice, Virovitica, 2004.
- [8] Roko Cebalo, Obradni sustavi – Fleksibilni obradni sustavi, Zagreb 2000.
- [9] Inženjerski priručnik: Proizvodno strojarstvo, Treći svezak: Organizacija proizvodnje, Zagreb 2002.
- [10] KONČAR – Elektroindustrija d.d., <https://www.koncar.hr/>, pristupljeno 20.07.2015.
- [11] KONČAR – MK d.d., <http://www.koncar-mk.hr/>, pristupljeno 20.07.2015.
- [12] Cimerman Software: ERP Sustavi, <http://www.cimermansoftware.hr/erp.aspx>, pristupljeno 08.09.2015.
- [13] Interna predavanja iz kolegija Alati i naprave
- [14] Coolant Mitsubishi, <http://mmc-permanent.learnways.com/courses/68/coolant.html>, pristupljeno 17.08.2015.
- [15] Teximp Katalog proizvoda '15 – CNC strojevi i oprema.
- [16] Haas World: International, <http://www.haascnc.com/>, pristupljeno 17.08.2015.
- [17] CMA Rapid Drilling Machines – SMD Machinery Canada, .  
<http://smdmachinery.com/CMA/CMA-TRD-Rapid-Drilling-Machine>, pristupljeno 19.08.2015.
- [18] TUWI - Rapid-Drill TRD-BRD, <http://tuwi.nl/machines/boren-en-tappen/cma-boormachines/trd>, pristupljeno 19.08.2015.
- [19] Sikavica, P., Bahtijarević-Šiber, F.: Leksikon menadžmenta, Masmedia, Zagreb
- [20] <http://study.com/academy/lesson/how-to-calculate-payback-period-method-formula.html>, pristupljeno 12.09.2015.
- [21] Tomšić, Ž.: Ekonomija projekata energetske učinkovitosti, predavanje, FER
- [22] Narodne novine, [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015\\_01\\_1\\_23.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_01_1_23.html), pristupljeno 12.09.2015.

## **8 PRILOZI**


- 8.1. Tlocrt pogona za strojnu obradu tvrtke K-MK – postojeće stanje
- 8.2. Tlocrt pogona za strojnu obradu K-MK – novo stanje
- 8.3. Karakteristike postojećih strojeva prema grupi radnih mjesta
- 8.4. Karakteristike novih strojeva prema grupi radnih mjesta





# STROJNA OBRADA

13	CNC glodalica Prvomajska AG 400	1	3250 x 2000	2700
12	Tokarski stroj CNC	1	2700 x 1200	1400
11	Tokarilica PA-600	1	3200 x 1100	2400
10	CMA Koordinatna bušilica TRD38CNC3000	1	4200 x 2600	3750
9	CNC Tokarilica Prvomajska TU 480	1	3300 x 2000	3000
8	CNC Tokarilica TRAUB TNA 480	1	6500 x 2500	7500
7	CNC Vertikalni obradni centar VF-3YT	1	5100 x 3100	12000
6	CNC Vertikalni obradni centar VF-9/40	1	3800 x 2700	11300
5	Tokarilica PA-900	1	3400 x 1600	2750
4	Tokarski stroj Karusel	1	4600 x 3400	11500
3	Glodalica PGU 400/V Prvomajska	1	2650 x 2500	1100
2	CNC Tokarilica HAAS ST-35	1	4800 x 3000	6350
1	Glodalica Multif.Opti. MF4, VAR	1	1850 x 1350	1300
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Dimenzije mm	Masa kg

	Datum	Ime i prezime	Potpis	 <b>FSB Zagreb</b> Studij strojarstva
Projektirao				
Razradio				
Crtao		Dunja Sokele		
Pregledao				
Mentor		Toma Udiljak		
Objekt:			Objekt broj:	
Napomena:			R. N. broj:	
Materijali:	Masa:	Smjer: Proizvodno inženjerstvo	Kopija	
		ZAVRŠNI RAD		
— — + —	Naziv:	Tlocrt pogona za stroju obradu KONČAR – MK – buduće stanje		Pozicija:
Mjerilo originala				Format: A3
M 1:200				Listova: 2
				List: 2

PRILOG

Tablica 8.1. Karakteristike postojećih strojeva prema grupi radnih mjesta

Grupa radnih mjesta	Broj radnika	Mjesečni fond sati	Raspoloživo sati na mjesec	Ispunjavanje norme (u %)	Cijena sata rada (€/h)	Mjesečni kapacitet u norma satima	Mjesečni trošak rada
Stupne bušilice	3	150 h	450 h/mj	107 %	24,00 €/h	481 h	10 800 €
Radijalne bušilice	4	150 h	600 h/mj	77 %	21,00 €/h	464 h	12 600 €
Klasično tokarenje	5	150 h	750 h/mj	77 %	16,00 €/h	576 h	12 000 €
CNC tokarenje	4	150 h	600 h/mj	73 %	27,00 €/h	438 h	16 200 €
Vertikalno tokarenje	1	150 h	150 h/mj	70 %	14,00 €/h	105 h	2 100 €
Klasično glodanje	2	150 h	300 h/mj	108 %	27,00 €/h	324 h	8 100 €
CNC obradni centri	4	150 h	600 h/mj	59 %	35,00 €/h	356 h	21 000 €
<b>UKUPNO</b>	<b>23</b>		<b>3450 h/mj</b>	<b>82 %</b>		<b>2744 h</b>	<b>82 800 €</b>

Tablica 8.2. Karakteristike novih strojeva prema grupi radnih mjesta

Grupa radnih mjesta	Broj radnika	Mjesečni fond sati	Raspoloživo sati na mjesec	Ispunjavanje norme (u %)	Cijena sata rada (€/h)	Mjesečni kapacitet u norma satima	Mjesečni trošak rada
CNC koordinatna bušilica	3	150 h	450 h/mj	150 %	30,00 €/h	675 h	13 500 €
Radijalne bušilice	3	150 h	450 h/mj	77 %	21,00 €/h	348 h	9 450 €
Klasično tokarenje	3	150 h	450 h/mj	77 %	16,00 €/h	345 h	7 200 €
CNC tokarenje	4	150 h	600 h/mj	85 %	30,00 €/h	510 h	18 000 €
Vertikalno tokarenje	1	150 h	150 h/mj	70 %	14,00 €/h	105 h	2 100 €
Klasično glodanje	2	150 h	300 h/mj	108 %	27,00 €/h	324 h	8 100 €
CNC obradni centri	5	150 h	750 h/mj	100 %	40,00 €/h	750 h	30 000 €
<b>UKUPNO</b>	<b>21</b>		<b>3150 h/mj</b>	<b>95 %</b>		<b>3058 h</b>	<b>88 350 €</b>